جامعة الانبار / كلية الزراعة
قسم علوم الاغذية



المادة : تصنيع حبوب ١
المرحلة :الثالثة
المحاضرة السابعة

مبادئ تكنولوجيا طحن الحبوب

الدكتور سعد ابراهيم يوسف

خواص جودة القمح

هناك علاقة قوية بين جودة القمح المطحون وجودة الدقيق أو السميد المنتج، لذلك فإن الخواص المحددة لجودة القمح تعتبر خواص مساعدة في تحديد جودة الدقيق أو السميد الناتج عن هذا القمح، و تقسم خواص جودة القمح لعدة مجموعات:

١) الخواص النباتية

٢) الخواص الزراعية

٣) الخواص الفيزيائية

٤) الخواص الكيميائية

٥) الخواص التكنولوجية

الخواص النباتية

البنية التشريحية لحبة القمح

- تتكون حبة القمح من قسمين أساسيين هما غلاف الثمرة والبذرة والتي تتشكل بدورها من غلاف البذرة والجنين والاندوسبيرم، ويمكن مشاهدة عدة طبقات في التركيب التشريحي لحبة القمح.
- تقسم هذه الطبقات أثناء عملية الطحن إلى ثلاثة أجزاء أساسية وهي

✓ النخالة

✓ الاندوسبيرم النشوي

✓ الجنين

النخالة Bran

- يشكل غلاف الحبة و غلاف البذرة وجزء كبير من طبقة الأليرون بما يعرف تجارياً بالنخالة.
- يقوم غلاف الحبة بحماية الحبة من الوسط الخارجي ويشكل ٥% من وزن الحبة، ويتكون من ٦% بروتين و ٢% رماد و ٢٠ % سيللوز و ٠,٥ % دهون وما تبقى بنتوزات.
- يحتوي غلاف البذرة وطبقة الخلايا الصبغية على المواد الصبغية Pigment التي تحدد اللون الخارجي لحبة القمح.
- تشكل طبقة الاليرون نحو ٧% من وزن الحبة وتتكون من ٢٠% دهون و٢٠% رماد و ٢٠% بروتين و ١٠% سكريات على اساس المادة الجافة، وهي غنية بالبروتين والفسفور الكلي والفيتك فسفور والدهون والنياسين بالاضافة الى ذلك فان طبقة الاليرون تتميز عن بقية طبقات الغلاف باحتوائها المرتفع للثايمين والرايبوفلافين.
- تشكل النخالة حوالي ١٤,٥% من كامل الحبة وتشمل : البشرة ٣,٩%، طبقات الخلايا العرضية ٠,٩%، طبقة التيستا ٠,٦%، طبقة الهالين والاليرون ٩%.
- محتوى النخالة من الرماد حوالي ١٠-٢٠ ضعف من الرماد في الاندوسبيرم.

- يحاول الطحان في عملية الطحن التقليدية فصل الاندوسبيرم عن النخالة بتطبيق اقل احتكاك او تضرر لكبقات النخالة حيث يهدف الى الحفاظ على النخالة كاملة قدر الامكان بتركيزها العادي ، بحيث لا تضعف ولا تتشقق اثناء عملية الطحن.

الاندوسبيرم النشوي Starchy endosperm

- تتركب خلايا الاندوسبيرم من النشاء والبروتين، يكون النشاء على شكل حبيبات عدسية أو كروية متراصة وملتصقة مع بعضها بشدة، حيث يملأ البروتين المسافات ما بينها ويمكن تصور البروتين كطور شبكي مستمر والنشاء مغمور به.
- وفقاً لطبيعة وقوة ترابط حبيبات النشاء والبروتين يتغير لون الاندوسبيرم من اللون العنبري الشفاف إلى اللون الأبيض النشوي.
- و تزداد نسبة المواد المعدنية وكمية البروتين في الاندوسبيرم من الطبقات الداخلية باتجاه الطبقات الخارجية.
- تعتمد كمية الدقيق التي يمكن أن تُستخرج من حبة القمح بشكل كبير على النسبة المئوية للاندوسبيرم، و الحبات الأثقل ذات محتوى اندوسبيرم أكبر، و تحتوي على كمية أكبر من النشاء والبروتين وهي ذات إمكانية لإعطاء مردود دقيق أكبر.

الجنين Germ

- يشكل الجنين ٢,٥-٣,٥% من وزن حبة القمح وهو منفصل بنيويا عن حبة القمح لذلك فان فص الجنين عن الاندوسبيرم لا يتطلب تحطيم الاندوسبيرم.
- يتشكل من البروتين ٢٥% والسكريات ١٨% والدهون ٢٢% والرماد ٥%، ويعد مصدرا اساسيا لفيتامين B1 و فيتامين E.
- يبداء الانبات بتفعيل انزيمات الجنين بواسطة الحرارة والرطوبة ويوجد نوعان رئيسيان لهذه الانزيمات: المحللة للبروتين (بروتولايتك) ومحلله للنشاء (اميلولايتك). ونتيجة لعمل الانزيمات المحللة للنشاء يتحول بعض النشاء في المكان المجاور للجنين الى سكر ويستخدم في تغذية الجنين ويسمح بنموه.

نوع وصنف القمح

تعود كل أنواع القمح في الأصل إلى الجنس Triticum من العائلة النجيلية Gramineous، ويوجد عدة آلاف من أنواع وأصناف القمح Triticum، حيث يختلف بعضها عن بعض البعض بشكل أساسي بعدد الصبغيات (2n)، فمنها الثنائي diploid n=7، والرباعي tetraploid n=14 والسداسي hexaploid n=21. إلا أن أهم أنواع القمح المزروعة في العالم هي:

القمح الطري (قمح الخبز) Tr. aestivum

ينسب القمح الطري إلى النوع السداسي (2n=42) وهي تحتوي على ثلاث مورثات كل منها مسؤولة عن مجموعة ثنائية من الصبغيات. يتميز هذا النوع بمجال واسع من قساوة ومحتوى بروتين باختلاف الصنف وجميعها تلائم صناعة الخبز.

قمح البسكويت Tr. compactum

ينتمي هذا النوع من القمح إلى النوع السداسي (2n=42)، ويتميز بمحتوى بروتين منخفض يتلاءم مع صناعة البسكويت.

قمح الديوروم (قمح المعكرونة) Tr. durum

وهو من النوع الرباعي (2n=28)، يحتوي على مورثتين كل منها مسؤولة عن مجموعة ثنائية من الصبغيات. يتميز هذا النوع بلونه الشفاف واحتوائه على كمية صبغة مرتفعة وكمية ونوعية بروتين تلائم صناعة المعكرونة، ولكن غير مناسب لصناعة الخبز.

أدى اختلاف مواصفات هذه الأنواع الثلاثة بشكل كبير فيما بينها إلى اختلاف مجال استخدامها.

يوجد ضمن كل نوع من هذه الأنواع من القمح أصناف كثيرة، تُطور هذه الأصناف من قبل القائمين على تحسين أصناف القمح. كان هدف القائمين على تحسين الأصناف جعلها ذات غلة وافرة ومقاومة للأمراض والحشرات، أما في السنوات الأخيرة فقد بدأ الإعتناء في برامج تحسين جودة القمح على أساس تحسين جودة المنتج النهائي من هذا القمح.

تختلف استجابة أصناف القمح لعملية الطحن اختلافاً كبيراً وخاصةً في مجال استبعاد النخالة، ويعود سبب هذا الاختلاف إلى العوامل الوراثية. أما الظروف المناخية وظروف التربة وغيرها من ظروف البيئة المحيطة، فإنها تؤدي إلى تباين أكبر وأشد في التركيب الكيميائي لأصناف القمح مقارنة بالتأثيرات الوراثية.

مراحل نضج حبة القمح

اولا:- مرحلة النضج اللبني (تجمع البروتين)

يتشكل البروتين خلال هذه المرحلة على شكل شبكة في منطقة الاندوسبيرم، و تتميز الحبات خلال هذه المرحلة بلونها الأخضر وعند عصرها باليد تبدو طرية يسيل منها سائل أبيض اللون وتأخذ الحبة أكبر حجم لها، ويبلغ محتوى الماء في الحبة ٤٠-٦٠%.

مراحل نضج حبة القمح

ثانيا:- مرحلة النضج الشمعي (تشكل النشاء)

- تستمر الحبات بلونها الأخضر و بعد انخفاض نسبة الماء في الحبة إلى أقل من ٦٠% يتوقف تشكل البروتين ويزداد بسرعة تشكل النشاء، و تزداد لزوجة الحبة فتبدو سهلة القطع بالأظافر، فتنقطع إلى قطع كما يقطع الشمع.
- تملأ حبيبات النشاء الفراغ المتشكل في شبكة البروتين التي تشكلت خلال المرحلة السابقة. يصغر حجم الحبة خلال هذه المرحلة و في نهاية هذه المرحلة التي تستمر ١٠-٢٥ يوم ينخفض محتوى الماء في الحبة إلى ٢٠-٤٠% ويتوقف تشكل المواد الغذائية.

مراحل نضج حبة القمح

ثالثا:- مرحلة النضج التام

- تتميز هذه المرحلة باصفرار حبات القمح و تستمر في المناطق الجافة والحارة ٢-٣ يوم وفي المناطق الرطبة ٥-١٠ يوم وفي نهاية هذه المرحلة ينخفض محتوى الماء في الحبة إلى ١٨-٢٠%.
- بعد هذه المرحلة يتم فقدان الماء من الحبة حتى يصل إلى ١٤% دون أي تغير في التركيب الكيميائي للحبة.

الخواص الفيزيائية

يهتم الطحان بشكل خاص بالخواص الفيزيائية للقمح، حيث يتمكن من خلال هذه الخواص من تحديد مدى الفائدة من القمح والتي تعني بالنسبة للطحان ارتفاع نسبة استخراج الدقيق منه، ويدخل قسم من هذه الخواص في تدريج القمح تجارياً.

الاجرام والشوائب

- تعتبر نسبة الأجرام والشوائب من أهم الخصائص في تدريج القمح ويمكن تعريفها كالتالي:-
- الاجرام Impurities : هي جميع المواد الغريبة غير النباتية كالحجارة والطين والقطع المعدنية والزجاجية وكذلك القش والتبن وأجزاء السنابل.
- الشوائب Defects:- وهي الحبوب المكسورة والضامرة والمتضررة (المنبتة، والخضراء والمنخورة والمتضررة بالحرارة والصقيع) والمريضة والحبوب الأخرى.
- تؤدي زيادة نسبة الأجرام والشوائب في إرسالية القمح المستلمة إلى زيادة الفاقد في قسم التنظيف وبالتالي إلى خسارة مادية أكبر.
- كما أن وجود الشوائب والأجرام في القمح يعيق من عملية نقله وتخزينه لفترة طويلة كما أن مرور بعضها لمرحلة الطحن يسيء لجودة المنتج النهائي.

رطوبة الحبوب

- لا تدخل الرطوبة كعامل في تدريج القمح، ولكن تشير بعض البلدان إلى الحد الأعلى المسموح به لرطوبة القمح.
- تعتبر رطوبة الحبوب من المعايير الهامة من الناحية التجارية والتخزين حيث تؤثر على تخزين القمح فكلما ارتفعت رطوبة القمح تقصر فترة تخزين الحبوب و تز داد احتمالية إصابتها أثناء التخزين بالفطور وتضررها.
- ففي أوروبا يتجاوز متوسط رطوبة القمح ال ١٤%، لذلك يجب تجفيفها عند استلامها وتخزينها.
- كذلك لا يفضل أن تكون رطوبة القمح منخفضة جداً لأنها تصبح هشة و سهلة التكسير أثناء نقلها وتعتبر الحبات المكسورة من الشوائب.
- كما تعد رطوبة القمح مهمة من ناحية تقنية الطحن، فكلما كانت رطوبة القمح منخفضة تطلبت كمية أكبر من الماء أثناء الترطيب وفترة ترطيب أطول.

- يتم تصحيح بيانات القمح كمحتوى البروتين في الولايات المتحدة على أساس رطوبة١٢%، وفي الدول الأوربية على أساس المادة الجافة. تستخدم الرطوبة ١٢ % كأساس لأن رطوبة القمح عند درجة حرارة ٢٥م ورطوبة نسبية ٦٠% تكون مساوية ل ١٢%، وعندها تكون رطوبة الدقيق مساوية ل ١٤%.
- يوجد عدة طرق لتحديد رطوبة القمح ويعتمد معظمها على المبادئ التالية: التجفيف – التقطير– الطرق الكيميائية – المقاومة الكهربائية – السعة الكهربائية – الأمواج المكروية – امتصاص الأشعة تحت الحمراء.
- يؤدي تغير رطوبة القمح خلال التخزين إلى تغير في وزنه ويمكن حساب مقدار هذا التغير بواسطة العلاقة التالية:

$$\text{تغير الوزن \%} = \frac{M_o - M_f}{100 - M_f} \times 100$$

- حيث ان Mf رطوبة القمح النهائية
- Mo رطوبة القمح الاصلية

فعند انخفاض رطوبة الحبوب من ١٤ % إلى ١٢ % على سبيل المثال يكون نسبة انخفاض الوزن:

$$\text{تغيرالوزن} = \frac{14-12}{100-12} * 100 = 2.27\%$$

وزن الهكتوليتر (الوزن النوعي)



- يعبر عن وزن ١٠٠ لتر من القمح مقدرا بالكيلوغرام.
- يستخدم الوزن النوعي بشكل عملي لتحديد وزن أو محتوى حمولة ذات حجم معين مثل حمولة باخرة أو عربة قطار أو شاحنة.
- كان الوزن النوعي يستخدم لتحديد كمية الدقيق التي يمكن استخراجها من القمح، لكن اختلاف الأصناف بالوزن النوعي دون اختلاف في كمية الدقيق الناتجة أدى إلى عدم الثقة في استخدام الوزن النوعي.



- يعد محتوى ونوع الشوائب وشكل وملاسة وحجم الحبة ومحتوى الرطوبة من العوامل المؤثرة على الوزن النوعي.
- فكلما كانت الحبة أقرب للشكل الكروي كان وزن الهيكتوليتر لها أكبر، حيث تميل الحبات الكروية إلى ملئ حجمً معينً بشكل أفضل من الأشكال الأخرى.
- كما أن القمح ذا حجم الحبات الكبيرة والناضج في جو رطب يسمح له بتراكم كمية أكبر من النشاء والبروتين خلال مراحل النضج اللبني والشمعي، هو ذو وزن نوعي أكبر بالمقارنة بالقمح ذي الحبات الصغيرة والقمح الناضج في جو جاف.
- كلما ارتفعت رطوبة الحبوب انخفض الوزن النوعي لها وذلك لأنه يصعب من تراصها وزيادة حجم الحبة والزيادة في وزنها نتيجة لان امتصاص الماء لا توازي الزيادة في حجمها لذلك يقل وزنها النوعي.

وزن الالف حبة

- يعرف بانه وزن الف حبة من القمح مقدرا بالغرام على اساس الوزن الجاف من عينة خالية من الشوائب.
- يعد وزن الألف حبة دليلا قويا على كمية الدقيق التي يمكن استخراجها من القمح.
- فعلى سبيل المثال إذا كان يوجد عينتان ذات توزع حجم حبات واحد، ولكن مختلفتان في وزن الألف حبة، فإن العينة ذات وزن الألف حبة الأعلى سوف تعطي نسبة استرجاع دقيق أعلى. يمكن تفسير ذلك بأن الوزن النوعي للاندوسبيرم هو ١,٤٦ غ/سم٣ في حين أن الوزن النوعي للنخالة هو ١,٢٧ غ/سم٣

حجم الحبة

- من العوامل المهمة في إدارة المطحنة، حجم حبة القمح وتجانسه، فهي تستخدم في تقدير نسبة استخراج الدقيق من القمح، حيث أن كمية الدقيق التي يمكن استخراجها تتوقف على كمية الاندوسبيرم وهذه تتأثر بحجم وشكل الحبة وسمك طبقة النخالة.
- يفضل أن تكون حبات القمح كبيرة، و من أجل سهولة وانتظام عملية الطحن يجب أن تكون حبات القمح متجانسة الحجم.
- يتأثر حجم حبات القمح بالشروط البيئية التي تسمح بمدة نضوج طويلة .
- محتوى الرماد لدقيق ناتج عن طحن حبات كبيرة أقل بالمقارنة عند طحن حبات صغيرة لذات النوع من القمح عند نسبة الاستخراج نفسها.
- يستخدم مجموعة مناخل شقية ذات قياس ٢,٨ و ٢,٥ و ٢,٢ مم لتحديد مدى تجانس توزع حجم حبات القمح

البلورية (المقطع الشفاف)

- تعرف بلورية الحبوب بأنها درجة شفافية مقطع الحبة، حيث تعتبر حبة القمح شفافة vitreous عندما يكون مقطعها لماعاً ذا لون عنبري، في حين تعتبر الحبة نشوية mealy إذا كان مقطعها ذا لون أبيض نشوي.
- يمكن أن يكون جزءٌ من الحبة ذا مقطع بلوري وجزء ذا مقطع نشوي.
- يعود كون مقطع حبة القمح شفافا أو نشويا بشكل أساسي إلى أسباب وراثية ولكنه يتأثر بالعوامل الطبيعية و يرتبط بكمية البروتين في القمح، حيث أن القمح الذي ينمو في البيئة الجافة التي تسرع من نضج القمح، يكون عادة شفافاً في حين أن البيئة الرطبة التي تسمح بنضج بطيء للقمح تنتج قمحا نشوياً.
- تبدو الحبات الشفافة لماعة، في حين تبدو الحبات النشوية غير شفافة وقاتمة تحت الظروف نفسها.



- تعود عدم شفافية الحبات النشوية إلى التأثير الضوئي الناتج عن وجود فراغات صغيرة أو شقوق ممتلئة بالهواء بين وضمن خلايا الاندوسبيرم، و سطوح الانعكاس الداخلية للشقوق تمنع انتقال الضوء وتعطي للاندوسبيرم اللون الأبيض.
- ترتبط البنية البلورية للقمح ارتباطاً وثيقاً بكمية البروتين، وأن الشبكة البروتينية في الحبات الشفافة مستمرة وتغطي بشكل كامل حبيبات النشاء وعكس ذلك في الحبات النشوية المقطع حيث توجد فراغات كبيرة مملوءة بالهواء.

مقطع الحبات الشفافة والنشوية

- يفضل أن يكون القمح المستخدم لإنتاج السميد ذا درجة بلورية مرتفعة، حيث أن ارتفاع نسبة الحبات النشوية في القمح المستخدم لإنتاج السميد يؤدي إلى انخفاض مردود السميد وارتفاع نسبة الدقيق المرافق.

قساوة الحبة Kernel Hardness

- تختلف قساوة حبات القمح وفقاً لنوع وصنف القمح، كما تتأثر القساوة بالشروط البيئية، حيث يتميز القمح المنتج في البيئة الجافة بالقساوة في حين يتميز القمح المنتج في البيئة الرطبة والماطرة بالطراوة، وهناك ارتباط بين شفافية الحبوب وقساوتها كما ترتبط قساوة الحبوب بكمية البروتين، و يتميز قمح الديوروم بقساوة حباته ولونها العنبري الشفاف.
- تعد القساوة أو الطراوة صفة ترتبط بالطحن وكيفية تهشم الاندوسبيرم.
- ففي القمح القاسي يميل الاندوسبيرم إلى التفتت والتكسر حول جدر الخلايا، بينما يتهشم اندوسبيرم القمح الطري بشكل عشوائي.
- تعتمد إحدى النظريات المفسرة للقساوة على قوة ارتباط حبيبات النشاء بالبروتين، والنظرية الأخرى تعتمد على درجة استمرارية شبكة البروتين.

- إن لقساوة القمح أهمية كبيرة في عملية الطحن، فالقمح القاسي يتطلب عند طحنه طاقة أعلى بالمقارنة مع القمح الطري، كما يجب ترطيبه لنسبة رطوبة أعلى ومدة ترطيب أطول.
- ينتج عن القمح القاسي حبيبات خشنة، دقيق سهل الجريان والنخل ذو حبيبات متناسقة الشكل أغلبها ناشئ عن خلايا الاندوسبيرم، بينما يعطي القمح الطري دقيقا ناعماً جداً، و يتشكل من خلايا الاندوسبيرم غير المتناسقة الشكل مع حبيبات مسطحة ملتصقة بعضها ببعض، صعبة النخل، والتي يمكن أن تسد فتحات المنخل.
- نسبة حبيبات النشاء المتهتكة ميكانيكياً في دقيق القمح القاسي أكبر من نسبتها في دقيق القمح الطري، مما يؤدي إلى تميز الدقيق المنتج من قمح قاسي بارتفاع كمية الماء الممتص.



المصادر

١- السعيدي، محمد عبد عيسى. ١٩٩٢. كتاب تكنولوجيا الحبوب. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. مطابع جامعة الموصل.

https://www.researchgate.net/publication/334119896_bhth_alamn_alghdhayy_fy_alraq_almshklat_walhlwl.